

Encapsulação de sensores a fibra ótica para caracterização de borrachas

Encapsulation of fiber optic sensors for rubber characterization

RESUMO

Natália Carolina Schvan Wendt
nataliacarolinawendt@hotmail.com
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Curitiba,
Paraná, Brasil

José Luís Fabris
fabris@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Curitiba,
Paraná, Brasil

Marcia Muller
marcia.muller.br@gmail.com
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Curitiba,
Paraná, Brasil

Neste trabalho são apresentados alguns resultados do estudo das propriedades mecânicas de uma borracha de silicone. Para isso, utilizou-se um sensor a fibra ótica encapsulado pela borracha para fazer os testes em laboratório. Até o presente momento, foram feitos testes de compressão da borracha em função da transmitância obtida através da fibra ótica, sendo assim, mensurável o valor da deformação. Para determinar o módulo de elasticidade, propriedade intrínseca dos materiais, é necessário relacionar deformação com a tensão aplicada. Posteriormente, serão feitos testes que relacionam a força aplicada para deformar a borracha com a transmitância, assim, é possível relacionar as duas grandezas desejadas (deformação e tensão) e obter um método para calcular o módulo de elasticidade para diversos tipos de borrachas.

PALAVRAS-CHAVE: Sensor a fibra ótica. Borracha de silicone. Módulo de elasticidade.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

This paper presents some results from the study of the mechanical properties of a silicone rubber. An optical fiber sensor encapsulated into a rubber body was used for laboratory testing. Until now, rubber compression tests have been performed as a function of the transmittance obtained through the optical fiber, thus, the value of the deformation can be measured. To determine the modulus of elasticity, the intrinsic property of materials, it is necessary to relate deformation to the applied stress. Subsequently, tests will be performed that relate the applied force to deform the rubber with the transmittance, thus, it is possible to relate the two desired quantities (strain and stress) and obtain a method to calculate the modulus of elasticity for various types of rubbers.

KEYWORDS: Fiber optic sensor. Silicone rubber. Modulus of elasticity.

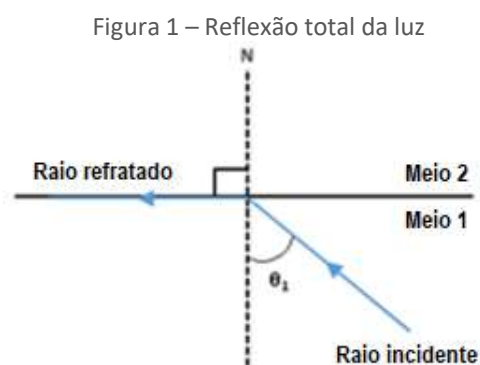
INTRODUÇÃO

Os sensores a fibra ótica aparecem em diferentes aplicações de engenharia, devido aos avanços científicos e tecnológicos obtidos na década de 1960 nas áreas de desenvolvimento de lasers e fabricação de fibras óticas com altas taxas de transmissão (GRATTAN & MEGGITT, 2000). Essa variedade de utilizações ocorre pela capacidade de medir várias propriedades físicas, tais como: intensidade luminosa, deslocamento, temperatura, pressão, rotação, som, deformação, campo magnético, radiação, análise química, vibração, entre outros (KROHN, 2000).

A fibra ótica é um filamento de sílica ou de polímero com formato cilíndrico capaz de conduzir luz. A constituição interna é formada por duas camadas de índice de refração distintas (KROHN, 2000). A camada interna é denominada núcleo e apresenta índice de refração maior que a camada que o envolve, chamada de casca.

A propagação da luz na fibra se dá através de reflexões totais sucessivas. Esse fenômeno pode ocorrer quando a luz incidente passa de um meio mais refringente para um meio menos refringente apresentando mudanças na sua velocidade e direção de propagação. Segundo a lei de Snell apresentada na equação (1), onde n_1 e n_2 são os índices de refração e θ_1 e θ_2 são os ângulos de incidência e refração, para determinado ângulo de incidência crítico, chamado de ângulo limite, a luz refratada apresenta um ângulo de 90° com a vertical como mostra a figura 1 (NUSSENSVEIG, 1998). É nessa situação que o feixe refratado desaparece e toda a luz passa a ser refletida.

$$n_1 \text{ sen } (\theta_1) = n_2 \text{ sen } (\theta_2) \quad (1)$$



Fonte: Autoria própria

Dentre as mais variadas utilizações, a fibra ótica tem um papel importante na espectroscopia (estudo da interação entre a radiação eletromagnética e matéria). A espectroscopia compreende a medida da irradiância (ou intensidade) da luz como função do comprimento de onda ou frequência, onde o resultado gráfico é chamado de espectro. Uma grandeza possível de ser medida por uma técnica espectroscópica é a transmitância, definida como a razão entre a intensidade de luz de saída e a intensidade de luz total incidente.

Também conhecido como módulo de elasticidade, o módulo de Young é um parâmetro mecânico que proporciona uma medida da rigidez de um material sólido. É uma propriedade intrínseca dos materiais, dependente da composição química, microestrutura e defeitos (poros e trincas), que pode ser obtida da razão entre a tensão exercida e a deformação relativa sofrida pelo material. A deformação relativa está representada de acordo com a equação (2), onde L_0 é o comprimento inicial da amostra antes da aplicação da carga, e L é o comprimento instantâneo como mostra a figura 2.

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} = \frac{d}{L_0} \tag{2}$$



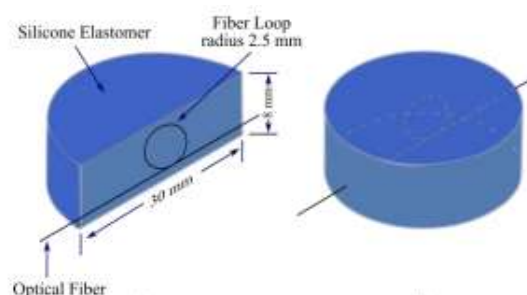
Fonte: Autoria própria.

O objetivo do presente trabalho é desenvolver uma metodologia de avaliação do comportamento mecânico e de medição do módulo de elasticidade (E) para borrachas de silicone. Para isso, é utilizado um sensor feito com anel de fibra ótica, que apresenta perdas de intensidade dependentes do comprimento de onda na medida em que o anel é deformado (KAMIZI et. Al, 2019).

MATERIAIS E METODOS

Os procedimentos experimentais foram realizados no Lablaser da UTFPR no campus Curitiba. O sensor a fibra ótica encapsulado a uma borracha de silicone azul foi utilizado como material de teste apresentado na figura 3. Para produção do sensor utilizou-se um molde cilíndrico de 2,1 cm de diâmetro e 0,8 cm de altura. A fibra ótica foi posicionada dentro do molde em formato de anel com aproximadamente 0,5 cm de diâmetro, perpendicular à base. A borracha misturada com o catalizador foi colocada dentro do molde junto à fibra. Aguardou-se o tempo de secagem da borracha para realização dos testes.

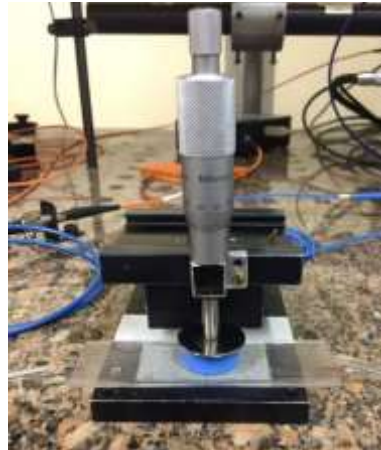
Figura 3 – Sensor feito com anel de fibra ótica



Fonte: (KAMIZI et. Al, 2019)

Um parafuso micrométrico foi montado perpendicularmente a uma chapa circular para pressionar a borracha, conforme apresentado na figura 4, causando uma compressão (d) mensurável.

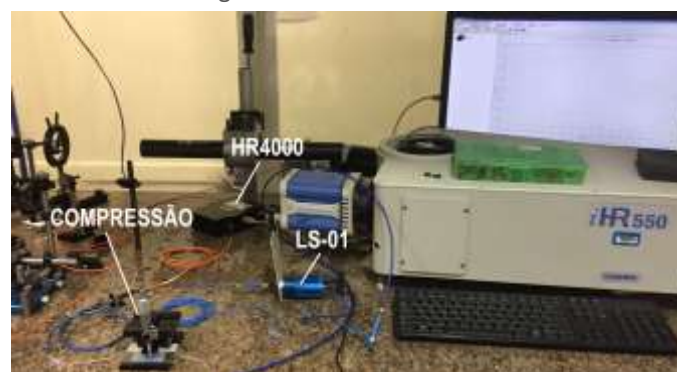
Figura 4 – Aparato experimental de compressão



Fonte: Autoria própria.

Os testes realizados consistem em fazer uma compressão na borracha e monitorar o espectro através da transmitância. Foram realizadas compressões de 0 a 2 mm com passos de 0,1 mm. Para o monitoramento do espectro o espectrômetro (HR4000, Ocean Optics) e a fonte de luz (LS-01, Ocean Optics) foram conectados ao sensor e ligados ao computador como mostrado na figura 5. O programa utilizado fornece gráficos da transmitância em função do comprimento de onda para cada compressão aplicada.

Figura 5 – Bancada de teste

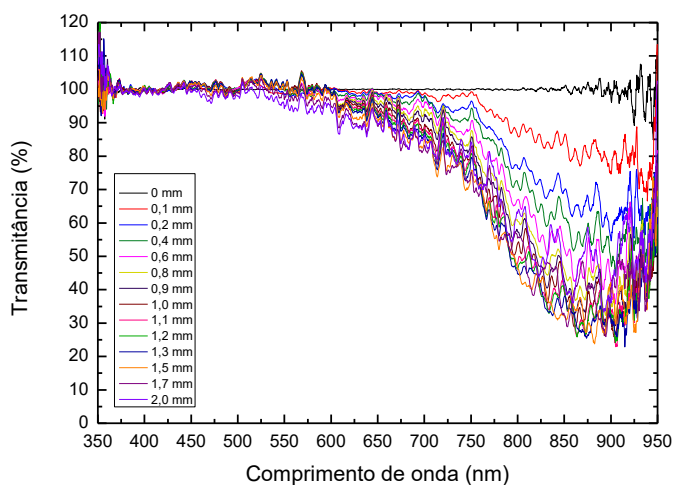


Fonte: Autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os gráficos de transmitância em função do comprimento de onda obtidos foram combinados e estão apresentados na figura 6. Alguns dados de compressão foram omitidos para uma melhor comparação dos resultados. A legenda apresenta as compressões aplicadas no material.

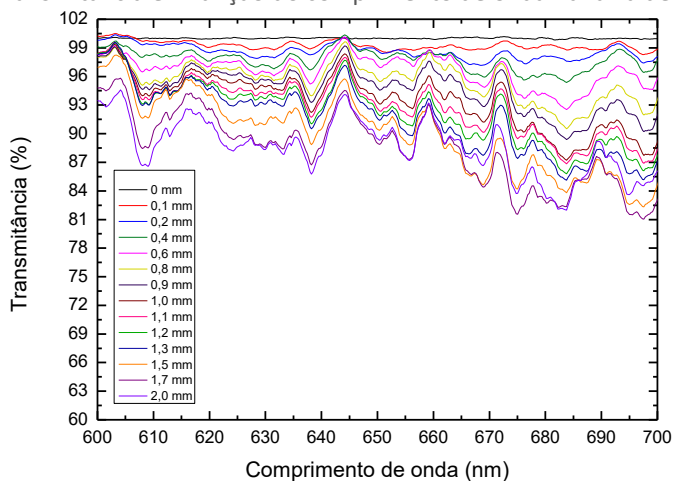
Figura 6 – Transmitância em função do comprimento de onda para as deformações aplicadas na borracha



Fonte: Autoria própria.

A partir dos resultados obtidos, observou-se que a faixa de comprimentos de onda entre 600 e 700 nm apresentou maior linearidade. Dessa forma, os resultados fora dessa faixa de comprimentos de onda foram omitidos para uma melhor comparação entre os testes e estão apresentados na figura 7.

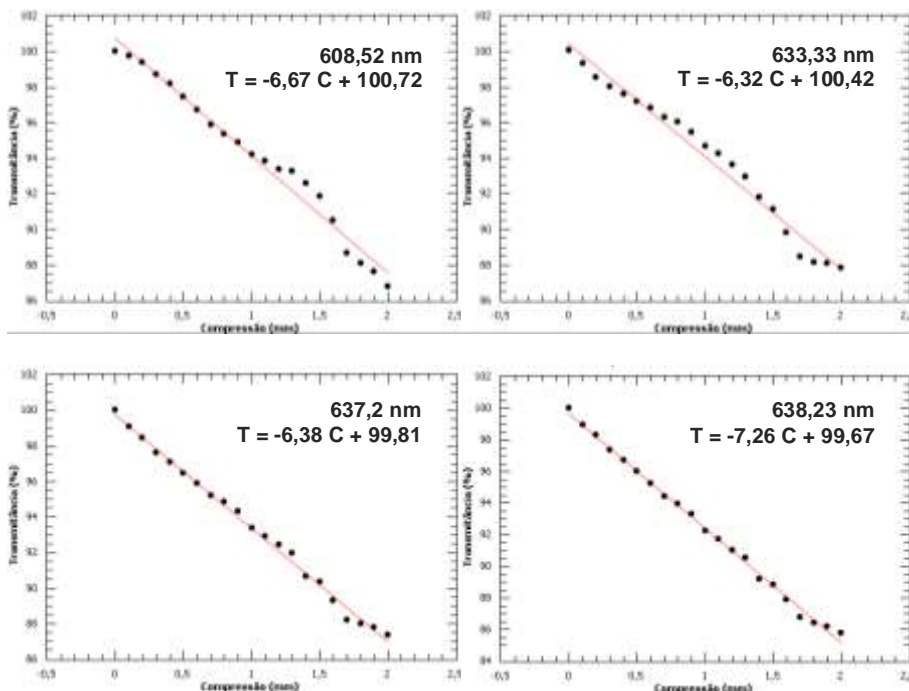
Figura 7 – Transmitância em função do comprimento de onda na faixa de linearidade



Fonte: Autoria própria.

Comprimentos de onda dentro da faixa de linearidade foram escolhidos para comparação da transmitância (T) e compressão (C). A figura 8 apresenta os resultados de transmitância em função da compressão para os quatro comprimentos de onda escolhidos. Retas foram ajustadas aos dados experimentais para analisar a linearidade e repetibilidade destas grandezas em função do coeficiente angular. As equações do ajuste da reta estão apresentadas na figura 8 juntamente com o comprimento de onda escolhido.

Figura 8 – Gráficos de transmitância em função da compressão



Fonte: Autoria própria.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos até o momento apresentam linearidade e repetibilidade, indicando que podem ser utilizados para obtenção do módulo de elasticidade. O próximo passo é elaborar um aparato experimental que seja possível medir a força aplicada na borracha e assim, relacionar a transmitância com a tensão. Então será possível relacionar deformação e tensão, e dessa forma obtém-se um método de calcular o módulo de elasticidade para diversas borrachas.

Para trabalhos futuros, pretende-se utilizar modelos presentes da literatura para validar o método desenvolvido. Após, utilizar essa metodologia para avaliar o comportamento de borrachas com diferentes aditivos para reforçá-las e utilizá-las em áreas específicas.

REFERÊNCIAS

- NUSSENSVEIG, H. M. Curso de física básica vol. 4. São Paulo: Blucher, 1998.
- KROHN, D. A. Fiber optic sensors: fundamentals and applications. Research Triangle, NC: ISA, 2000.
- GRATTAN, L. S. e MEGGITT, B. T. Optical Fiber Sensor Technology. Springer US, 2000.
- KAMIZI, M. A.; LUGARINI, D.; FUSER, R.; NEGRI, L. H.; FABRIS, J. L.; MULLER, M; Multiplexing Optical Fiber Macro-Bend Load Sensors. Journal of Lightwave Technology, 2019.